

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU,
GRAFIČKI FAKULTET

DIZAJN GRAFIČKIH PROIZVODA

MOGUĆNOSTI HDR FOTOGRAFIJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
dr.sc. MIROSLAV MIKOTA

Student:
BRUNO ŠTAMPALIJA

ZAGREB, 2012.

RJEŠENJE

SAŽETAK

U ovom se diplomskom radu teoretski analizira HDR tehnika fotografiranja, pristup scenama HDR fotografija, priprema datoteka na računalu, programi koji se koriste za izradu HDR fotografija, i kroz praktični se dio rada prikazuju gotove autorske HDR fotografije, realizirane različitim tehnikama snimanja i obrade.

Ključni pojmovi: široki raspon tonova, HDR fotografija, mapiranje tonova

ABSTRACT

This paper theoretically analyses HDR photographing technique, approach to HDR photography scenes, files preparation and programs used for HDR photography editing using a computer and the practical part of the paper shows copyrighted HDR photos realised through different shooting and editing techniques.

Key words: high dynamic range, HDR photography, tone mapping

SADRŽAJ

1 UVOD	6
2 PREGLED	7
2.1 DINAMIČKI RASPON.....	7
2.2 DATOTEKE	8
2.3 MAPIRANJE TONOVA.....	9
2.4 OPERATERI ZA MAPIRANJE TONOVA	11
3 OPREMA	14
3.1 DSLR FOTOAPARATI	14
3.2 KOMPAKTNI FOTOAPARATI.....	15
3.3 DODATNA OPREMA	16
4 SNIMANJE HDR FOTOGRAFIJE	18
4.1 EKSPozICIJA	18
4.2 BIRANJE SCENE.....	19
4.2.1 ZLATNO DOBA	20
4.2.2 KONTRASTI	20
4.3 ODABIR BROJA FOTOGRAFIJA.....	21
4.4 FOTOGRAFIRANJE SA VIŠE OD 10 EV	22
4.5 SNIMANJE SCENE SA DVIJE EKSPozICIJE	22
5 PROGRAMI ZA IZRADU HDR FOTOGRAFIJE	23
5.1 OPISI PROGRAMA	24
5.1.1 PHOTOMATIX PRO	24
5.1.2 FDRTOOLS	24
5.1.3 DYNAMIC PHOTO HDR.....	25

5.1.4 ARTIZEN HDR	25
5.1.5 ADOBE PHOTOSHOP CS3-CS5	26
5.2 PREGLED PROGRAMA.....	26
6 SPAJANJE DATOTEKA I MAPIRANJE TONOVA	30
6.1 KONVERTIRANJE DATOTEKA	30
6.2 RADNI TOK MAPIRANJA TONOVA U PHOTOMATIX PRO PROGRAMU.....	31
6.3 GREŠKE KOD SPAJANJA FOTOGRAFIJA U HDR.....	35
6.3.1 <i>GHOSTING</i>	35
6.3.2 ŠUM	36
7 SNIMANJE I MAPIRANJE TONOVA JEDNE FOTOGRAFIJE ZA IZRADU HDR-A	38
8 PRAKTIČNI DIO	39
8.1 KORIŠTENA OPREMA.....	39
9 AUTORSKE FOTOGRAFIJE.....	40
9.1 HDR FOTOGRAFIJE.....	40
9.2 PSEUDO HDR.....	55
10 ZAKLJUČAK	60
11 LITERATURA	62

1 UVOD

Od samog početka fotografije jedan od izazova je pronaći način na koji se scena može prenijeti na film što vjernije kako izgleda gledana golim okom. Dolaskom kolor filma su fotografi i dalje bili ograničeni tehnologijom fotografskih aparata i objektiv, jer se još uvijek nije mogao snimiti kadar u kojem bi se na gotovoj fotografiji prikazao puni svjetlosni spektar.

Razvojem digitalne fotografije taj problem nije odmah riješen, jer kao i film korišten u klasičnoj fotografiji, senzori u digitalnim fotoaparatima nemaju mogućnost prikaza širokog svjetlosnog spektra koje naše oko vidi. Raznim tehnikama, opremom i filtrima je moguće dobiti veći spektar boja i razlike u svjetlu i sjeni, ali su i ti pristupi ograničeni.

Još jedan nedostatak digitalne fotografije su mediji na kojima se fotografija prikazuje. Monitori, LCD-i i tiskani mediji također nisu u stanju prikazati fotografiju u punom spektru.

HDR (*engl. high dynamic range*) tehnikom fotografiranja je omogućeno fotografima prikazati široki spektar boja i svjetla. Gustave Le Gray je sredino 19. stoljeća bio prva osoba koja je koristila više različito eksponiranih negativa kako bi dobio jednu fotografiju širokog spektra. Koristeći tadašnju opremu fotografi nije mogao snimati nebo i more bez gubitaka detalja na jednom ili drugome. Le Gray je tako bio prva osoba koja je koristila dva negativa različitih ekspozicija koje je onda fiksirao zajedno na jedan pozitiv.

Charles Wykoff je 30-tih godina 20. stoljeća počeo razvijati tehniku. Njegove najpoznatije slike su fotografije nuklearnih eksplozija, koje je dobio mapiranjem tonova 3 različito eksponirane fotografije kako bi dobio jednu sa širokim dinamičkim rasponom.

U digitalno doba su olakšani procesi kojima se mogu dobiti HDR fotografije, iako se još uvijek predstavljaju određene prepreke. [9]

2 PREGLED

2.1 DINAMIČKI RASPON

Dinamični raspon se odnosi na razliku osvjetljenja između najsvjetlijeg i najtamnijeg djela fotografije, dakle široki dinamički opseg znači da je razlika osvjetljenja velika. Današnjim fotoaparatom je nemoguće snimati fotografiju koja ima jako širok opseg zbog ograničenja senzora ili filma.

Prosječna fotografija snimana za vrijeme dnevnog svjetla ima dinamički raspon od 100000:1, što znači da je najsvjetliji dio fotografije 100000 puta svjetliji od najtamnije sjene. Naravno nisu sve scene iste, te ovise o količini svjetla, refleksijama, nebu, količini oblaka i sl. [1]

Tablica 1 prikazuje prosječna osvjetljenja određenih scena:

Tablica 1: Prosječno osvjetljenje određenih scena

Vrsta osvjetljenja	Prosječno osvjetljenje (candela/m ²)
Sjaj zvijezde na nebu	0.001
Mjesečeva svjetlost	0.1
Unutrašnje osvjetljenje	50
Sunčano nebo	100,000

Exposure Value ili EV je broj koji opisuje osvjetljenje scene kroz ekspoziciju, mijenjajući vrijeme snimanja i otvor objektiva. Što je EV broj veći to je osvjetljenje scene veće.

Kvantificiranje dinamičkog raspona je problematično, jer ne postoji službeni standard koji ga točno opisuje, i svaki fotoaparat različitog proizvođača ima drukčije karakteristike senzora. Kod senzora fotoaparata se dinamički raspon predstavlja omjerom signala na pikselu između najjačeg i najslabijeg, kojeg ograničava šum kod neosvjetljenih piksela. Zbog raznih vrsta i proizvođača senzora se kod digitalnih fotoaparata općenito definira dinamički raspon od 11EV.

Kod medija na kojima se prikazuje fotografija postoje različiti načini određivanja dinamičkog raspona. Dinamički raspon monitora ili različitih vrsta ekrana se mjere omjerom osvjettljenja najsvjetlije i najtamnije točke koju mogu prikazati, za razliku od tiskanih medija kod kojih se raspon definira maksimalnom gustoćom obojenja.

HDR tehnikom fotografiranja se snima nekoliko fotografija različito eksponiranih u određenim EV razmacima (tablica 2.), koje se kasnije spajaju u jednu sa širokim dinamičkim opsegom. Takvom tehnikom se proširuje raspon ekspozicije standardnih *low dynamic range* tehnika. [8]

Tablica 2: Usporedba dinamičkih raspona

Vrsta prikaza	dinamički raspon	<i>exposure value (EV)</i>
Scena na otvorenom	1000000 : 1	17
Ljudsko oko	10000 : 1	14
Fotografski aparat	2,000 : 1	11
Ekran	750 : 1	9,5
Ispis fotografije	250: 1	8
Tisak	75 : 1	6

2.2 DATOTEKE

RAW je 12 ili 14 bitni format koji se najčešće koristi u digitalnoj fotografiji. Taj format je realno u mogućnosti prikazati dinamički raspon od 10EV, što još uvijek ne spada u HDR kategoriju već u „*medium dynamic range*“. Namjena RAW formata je pohranjivanje fotografije sa minimalnim gubitkom informacije podataka koji dopru do digitalnog senzora fotoaparata, i uvjeta okoline fotografirane scene. U fotografiji se još nazivaju digitalnim negativima, jer iako se mogu prikazati na ekranima ne može ih se direktno otisnuti ili ispisati bez konverzije u neki drugi format. RAW datoteka kao i negativ ima veći dinamički opseg i gamut od završne slike.

Kako RAW format sadrži puno podataka spremljena datoteka zauzima 2 do 6 puta više prostora od kompresiranih formata.

JPEG i TIFF su standardni formati koji se koriste nakon konverzije iz RAW-a. JPEG je 8-bitni format koji može prikazati razliku osvjjetljenja od 0 do 255, dok 16-bitni TIFF je u stanju prikazati od 0 do 65,535.

HDR datoteke nastaju nakon spajanja više fotografija u jednu visokog dinamičkog raspona. Najčešći formati su *RadianceRGE (.hdr)* i *OpenEXR (.exr)*. HDR formati su 32-bitne datoteke koje su u mogućnosti prikazati vrlo široki dinamički raspon i mogu postići *floating point luminance* (tablica 3). FPL znači da je moguće kroz jednu sliku prikazati gotovo beskonačan raspon osvjjetljenja scene, ovisno koliko se fotografija koristi za spajanje.

Tablica 3: Usporedba dinamičkog opsega određenih vrsta formata datoteka

Vrsta formata	Dinamički opseg	Raspon osvjjetljenja
8-bitni	<i>Low dynamic range</i>	0 - 255
16-bitni	<i>Medium dynamic range</i>	0 – 65,535
32-bitni	<i>High dynamic range</i>	<i>Floating point</i>

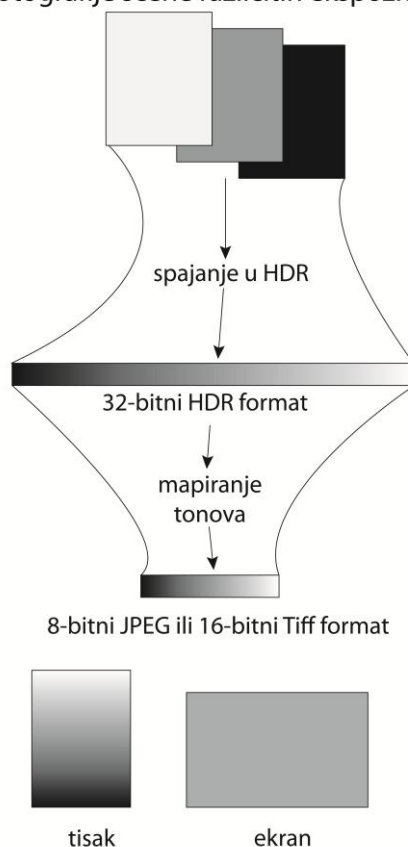
RAW format se najčešće koristi u digitalnoj HDR fotografiji, iako se za HDR može koristiti i JPEG. Za HDR fotografiju je važno snimiti scenu u više fotografija preko kojih se dobije puna dinamička vrijednost.

2.3 MAPIRANJE TONOVA

Mapiranje tonova znači postupno smanjiti 32-bitnu HDR sliku na format koji se može prikazati na ekranima, ispisanim ili tiskanim medijima (slika 1). Taj proces smanjivanja dinamičkog raspona osvjjetljenja reducira 32-bitni *floating point luminance* vrijednost u 8 ili 16-bitnu.

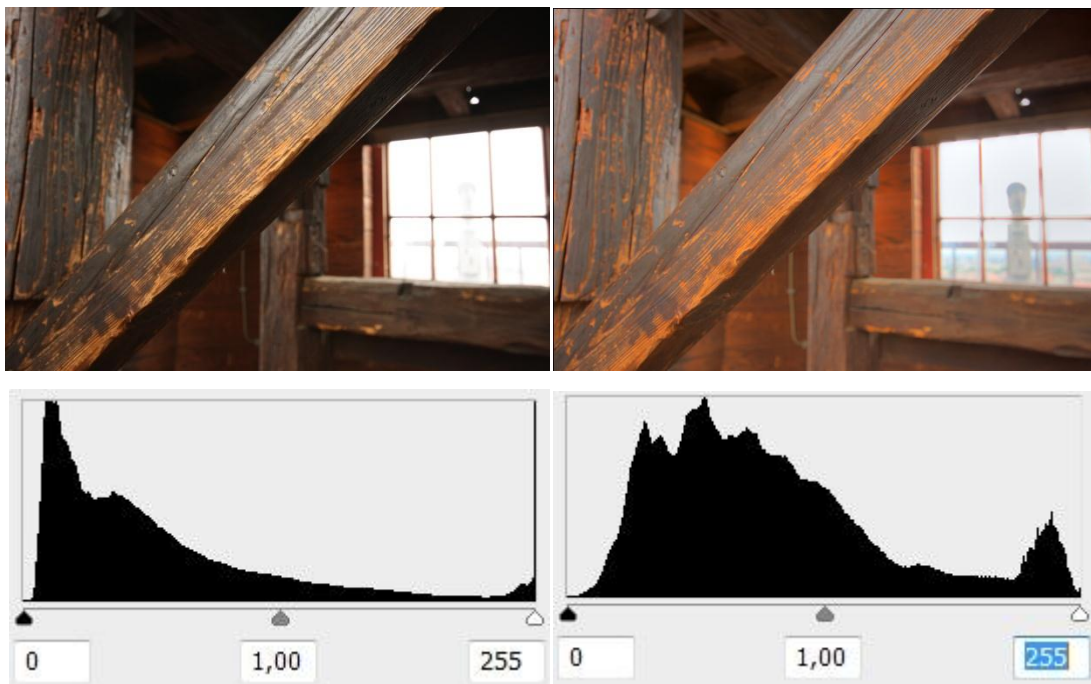
Kada bi se 32-bitna HDR slika prikazala na ekranu došlo bi do šumova na najsvjetlijim pikselima, dok bi najtamniji bili potpuno crni. Takva pojava se još naziva gubitak piksela, a događa se zbog toga što ti pikseli imaju osvjetljenje koje izvan mogućnosti prikaza ekrana. Mediji za ispis, a pogotovo oni za tisak su također ograničeni svojstvom materijala koje se oslanja na ambijentalno svjetlo i apsorpciju svjetlosti.

3 fotografije scene različitih ekspozicija



Slika 1: HDR tok rada

Razlike je moguće vidjeti na histogramima pojedinačne RAW fotografije i više fotografija spojenih u jednu HDR (slika 2). Na histogramu RAW fotografije se vide *blown* pikseli na lijevoj i desnoj strani. Fotografirana scena je velikog kontrasta i izvan mogućnosti senzora fotoaparata. Preosvijetljeni pikseli sa prozora se ne mogu dobiti natrag, a tamni dijelovi na stropu ne prikazuju sve detalje.



Slika 2: Usporedba histograma jedne fotografije i HDR spojene od 3

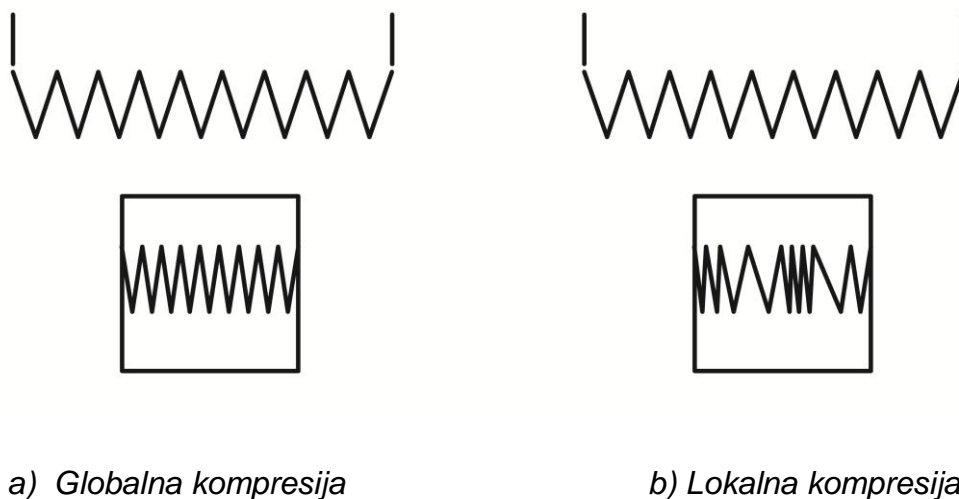
Histogram HDR fotografije ima pravilan oblik gdje su pikseli grupirani prema središnjem dijelu, i nema preeksponiranih ili podeksponiranih piksela na ekstremima. Mapiranjem tonova se redistribuiraju pikseli sa više fotografija na jednu, koja sadrži sve detalje koji se inače gube. [6]

2.4 OPERATERI ZA MAPIRANJE TONOVA

Postoji dvije glavne vrste operatora za mapiranje tonova: globalni i lokalni. Oboje služe za kompresiju scene visokog dinamičkog raspona u raspon koji se može prikazati na ekranima ili tiskanim medijima.

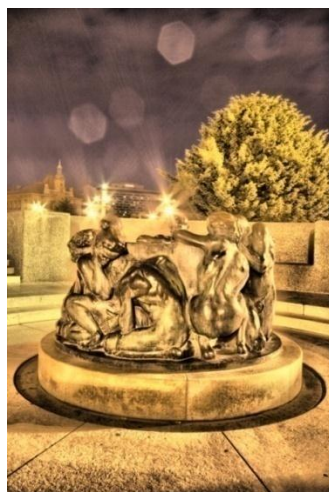
Globalni operatori su jednostavni matematički algoritmi koji apliciraju istu vrstu kompresije na sve piksele fotografije. Vrijeme procesiranja slike je brzo ali dobivena fotografija nema značajan vizualni učinak. Globalni operatori uglavnom pružaju realistični osjećaj, dok lokalni često preuveličavaju boje i razlike osvjetljenja.

Lokalni operateri koriste algoritme koji uspoređuju susjedne piksele. Dva ista piksela koja se nalaze pokraj drukčije osvijetljenih će biti posebno kompresirani. Time se vrijeme procesiranja povećava, ali je rezultat efektniji. (slika 3)



Slika 3: Isporedba globalne i lokalne kompresije

Uobičajena posljedica mapiranja tonova je sveukupni manjak kontrasta. Uređivanjem HDR fotografije u programima se često dogodi da kontrast boja na slici izgleda umjetno. Ekstremnim mapiranjem tonova fotografija izgleda previše šaroliko, najčešće preko lokalnih operatera (slika 4).



Slika 4: HDR fotografija nadrealističnog izgleda

Kako bi se izbjegli efekti poput aureola na fotografijama primjenjuju se lokalna poboljšanja slike i to samo na određenim dijelovima. Pozicioniranjem slidera u programu za HDR moguće je dobiti sliku manjeg kontrasta i realističnijeg izgleda (slika 5). [1]



Slika 5: HDR fotografija realističnog izgleda

3 OPREMA

Za HDR fotografiju je moguće koristiti digitalne SLR (DSLR) ili kompaktne fotoaparate. DSLR fotoaparati nude bolju optiku s promjenjivim objektivima, boljim procesiranjem fotografija, veličinom i kvalitetom senzora i ručnu kontrolu funkcija, dok su digitalni kompakti jednostavniji za uporabu i jeftiniji.

Kod izbora fotoaparata za snimanje HDR fotografije potrebno je imati kontrolu prioriteta otvora objektiva, ISO vrijednosti i vremena eksponiranja.

3.1 DSLR FOTOAPARATI

Digital single lense reflective (digitalni jednooki zrcalni fotoaparat) je baziran na klasičnom SLR dizajnu za 35 mm filmove (slika 6). SLR skraćenica objašnjava na koji način aparat funkcionira. U tijelu fotoaparata se nalazi zrcalo koje reflektira ulaznu sliku kroz objektiv do tražila, čime fotograf vidi točno željenu scenu, tj. sliku koja će biti zabilježena snimanjem. Kod okidanja fotografije zrcalo se pomakne do mutnog stakla kako bi svjetlo moglo eksponirati senzor.

DSLR fotoaparati nude funkcije koje se mogu podešavati za različite tehnike fotografiranja, te promjenjivost objektiva i filtra. Noviji DSLR-i su u mogućnosti snimati visokim ISO vrijednostima uz vrlo malo digitalnog šuma, tj. s visokom osjetljivošću. [2]



Slika 6: DSLR fotoaparat

3.2 KOMPAKTNI FOTOAPARATI

Za HDR fotografiju nije potrebna skupa oprema, moguće je koristiti jeftine *point-and-shoot* fotoaparate, koji imaju opciju podešavanja ekspozicije (slika 7).

Kompaktni fotoaparati se mogu svrstati u 4 grupe. Potpuno automatski nisu pogodni za HDR fotografiju jer ne pružaju mogućnosti potrebne za snimanje scene za HDR fotografiju. Ostale 3 vrste koje su pogodne za snimanje HDR-a su: automatski fotoaparati s ručnim upravljanjem, „bridge“ fotoaparati i „High- End“ kompakt fotoaparati.

Potpuno automatski kompakti imaju osnovni zoom bez mogućnosti kontrole. Kako je nemoguće podešavati ekspoziciju nije moguće koristiti za HDR fotografiju, čak i u slučaju HDR-a s jednom ekspozicijom jer je za tu tehniku potreban RAW format.

Automatski fotoaparati sa ručnim podešavanjem funkcija su pogodnije za HDR od potpuno automatskih jer osim kontrole funkcija imaju i bolje *zoom* objektivne.

Bridge fotoapratu izgledaju slično DSLR-ima, ali nemaju mogućnost izmjene objektivu. Objektivu imaju kvalitetan optički zoom i opciju ručnog podešavanja funkcija.

High-End fotoaparati imaju ručnu kontrolu funkcija, visoki ISO raspon kvalitetniji objektiv od jeftinijih kompakta. Također dolaze s *auto exposure bracketing* (AEB) opcijom i mogućnosti pohrane u RAW formatu.



Slika 7: Kompaktni fotoaparati

Jeftiniji fotoaparati nemaju opciju pohrane fotografije u RAW formatu, ali je i JPG format dovoljan za rad sa pravim HDR-om. Ako fotoaparat nema opciju ručnog izoštravanje potrebno je udaljiti fotoaparat od scene kako bi se izbjeglo različito izoštravanje kod promjene ekspozicije. [2]

3.3 DODATNA OPREMA

Korištenjem stativa za fotoaparat i daljinskog okidača se dobivaju oštrije fotografije, jer fotograf nakon podešavanja opcija se više ne dolazi u kontakt s fotoaparatom i time se ne mijenja fotografirani kadar, što je vrlo važno kod dugo eksponiranih scena. Monopodi se mogu koristiti kada se snima u AEB opciji, ali i dalje postoji mogućnost pomaka između slika dok se najkvalitetniji rezultati dobivaju sa tripodom koji mogu varirati u veličini, težini, stabilnosti i fleksibilnosti.

Daljinski okidači se dijele na žičane ili bežične. Također postavljanjem fotoaparata na „timer“ se uklanja mogućnost pomaka fotoaparata tokom snimanja.

Idealne postavke za snimanje HDR fotografije su korištenje tripoda i daljinskog okidača, AEB opcija (prioritet otvora objektiva), kontinuirano snimanje, ručno izoštravanje, isključena bljeskalica, pohrana u 12-bitnim RAW datotekama i 100 ISO vrijednost.

Kod DSLR fotoaparata se preporuča korištenje kvalitetnih objektiva kako bi se izbjegla mogućnost uzrokovanja kromatske aberacije i distorzije. [2]



Slika 8: Stativ i daljinski okidač za fotoaparat

4 SNIMANJE HDR FOTOGRAFIJE

HDR fotografija nastaje kombinacijom fotografiranja scene i programske obrade. Snimanje se sastoji od snimanja najčešće tri ili više identične scene u različitim ekspozicijama. Fotografije pohranjene u RAW format se konvertiraju u 16-bitni TIFF format, prije procesuiranja u HDR programu, gdje se spajaju u jedan HDR format i mapiraju tonovi. Nakon spajanja se gotova HDR fotografija može dodatno obraditi u programu za obradu slike.

U slučaju kada nije moguće scenu višestruko eksponirati potrebno je izabrati najbolju fotografiju u RAW formatu. Fotografiju se tada otvara u programu za manipulaciju RAW datoteka gdje se umjetno manipulira ekspozicija u preeksoniranu i podeksoniranu, nakon čega se svaka posebno pohranjuje kako bi se mogle sve tri spojiti u HDR programu. [4]

4.1 EKSPOZICIJA

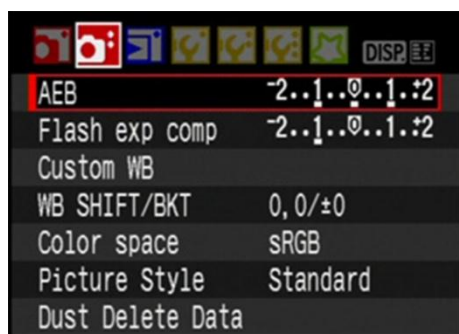
Za HDR fotografiju je važna mogućnost podešavanja ekspozicije, ručno ili kroz AEB („*auto exposure bracketing*“) funkciju. AEB funkcija eliminira potrebu podešavanja ekspozicije za svaku sliku.

Kod HDR fotografije je potrebno za različito eksponiranu scenu ne mijenjati točku izoštravanja, bijeli balans, ISO vrijednost i dubinsku oštrinu, te upotrebljavati bljeskalicu. HDR scene se najčešće snimaju sa manualnim podešavanjem elemenata ekspozicije (*manual exposure*) ili prioritetom otvora objektiva (*aperture priority*). Time se mijenja samo vrijeme eksponiranja, dok ostale funkcije ostaju nepromijenjene.

Pri snimanju uz minimalno podešavanje elemenata ekspozicije je potrebno podesiti ISO vrijednost, otvor objektiva i vrijeme eksponiranja, kako bi dobili određene razmake EV-a za svaku fotografiju. Ručno namještanje vremena eksponiranja se koristi ako točni razmaci EV-a nisu prikladni za određenu scenu.

Prioritet otvora objektiva fiksira otvor objektiva dok mijenja ostale postavke za različitu ekspoziciju scene, uglavnom vrijeme eksponiranja dok neki fotoaparati mijenjaju i ISO vrijednost.

Auto exposure bracketing je jedna od mogućnosti novih digitalnih fotoaparata. Kod AEB-a namješta se razmak EV-a za nekoliko fotografija. Razmak od 2EV-a znači da će tri fotografije scene imati EV vrijednosti od 0EV, +2EV i -2EV. AEB se najčešće koristi pri kontinuiranom snimanju jer se jednim pritiskom okidača dobije set od više fotografija različitih ekspozicija. Kombinacijom AEB-a i kontinuiranog snimanja se dobivaju najbolji rezultati kada se snima scena uz korištenje stativa za fotoaparat i daljinskog okidača.



Slika 9: izbor AEB opcije snimanja kod Nikon DSLR fotoaparata

4.2 BIRANJE SCENE

Izazov HDR fotografije je snimiti scenu i naučiti kako obraditi fotografije u programu. Odabir scene i doba snimanja je iznimno važan korak. Krivo je mišljenje da se kroz HDR tehniku može snimati u bilo koje doba dana i koristiti programe kako bi se snimljene scene pretvorile u dobre fotografije. Iako HDR nudi veliku fleksibilnost hvatanja širokog dinamičkog opsega scene, pravila klasične fotografije se još uvijek primjenjuju.

4.2.1 ZLATNO DOBA

Snimanjem u „zlatno doba“ (neposredno nakon izlaska ili prije zalaska Sunca) je moguće dobiti odlične rezultate imajući na umu da je svjetla tada mekše i toplije. Ovisno o vrsti scene se tada dobivaju određeni efekti:

- Portreti: ljudska koža će imati toplije tonove kože, i često se u pozadini vidi zlatno pozadinsko osvjetljenje .

- Zgrade: inače grube sjene su reducirane i mekše, Sunce osvjetljuje zgrade pod manjim kutom čime su strane zgrade bolje vidljive.

- Krajoblik: mekane sjene i bolje osvjetljenje naglašava prirodne boje koje su ugodne oku, koje su manje vidljive za vrijeme popodnevnog vertikalnog Sunčevog svjetla.

- Crno bijela fotografija: topli tonovi se dobro prenose u crno bijele fotografije, a sjene i snopovi svjetlosti izgledaju jako dinamično.

4.2.2 KONTRASTI

Scene velikih kontrasta vizualno ostavljaju jaki dojam kod HDR-a i nude najviše opcija fotografu pri izradi završne HDR fotografije. Veliki kontrast opisuje dinamički raspon scene, tj. razliku između najsvjetlijih i najtamnijih tonova. Scene koje sadrže velike sjene oblaka ili zgrada, ili izrazita osvjetljenja poput Sunca ili sunčeva svjetla kroz krošnje, obično sadrže kontraste kojima se u HDR fotografiji može dobiti vizualno atraktivne fotografije.

Kontrast boja nije najvažniji kod procjene kontrasta scene, već jačina osvjetljenja. Tablica 4 prikazuje određene scene sa okvirnim dinamičkim rasponom.

Tablica 4: Dinamički raspon određenih scena

SCENA	EV raspon	Dinamički raspon
Interijer sa sunčevim zrakama kroz prozor	14 EV	Veliki kontrast: HDR
Noćna scena sa uličnom rasvjetom	12 EV	Veliki kontrast: HDR
Žarulja od 100 watta u malom interijeru	12 EV	Veliki kontrast: HDR
Sunčani dan sa sjenama	8 EV	Srednji kontrast: MDR
Oblačan dan sa sjenama	6 EV	Niski kontrast: LDR
Sunčani dan sprijeda osvijetljen uključujući i nebo	4 EV	Niski kontrast: LDR
Objekti ispod oblačnog neba bez neba u sceni	3 EV	Niski kontrast: LDR

Kontrast scene diktira koliko bi trebalo snimiti fotografija za HDR. Kod niskih kontrastu dovoljno snimiti 3 fotografije s razmacima između 1 i 2 EV-a, dok je kod srednjeg ovisi o sceni, obično 3 fotografije razmaka 2 EV-a ili pet od 1 EV-a.

4.3 ODABIR BROJA FOTOGRAFIJA

Odabir broja fotografija ovisi od scene do scene. Snimajući u AEB opciji 3 slike sa razmacima od -2, 0 i 2 EV-a je dovoljno za uhvatiti dinamički raspon većine scena. Današnji DSLR fotoaparati imaju mogućnost kroz AEB opciju snimanja snimiti široki dinamički opseg, snimanjem tri fotografije u razmaku od 2 EV ili pet od 1 EV razmaka.

4.4 FOTOGRAFIRANJE SA VIŠE OD 10 EV

Fotoaparatom se može okvirno odrediti EV razlika scene, odabirom opcije *spot metering* (određivanjem ekspozicije u središtu, tj. uskom području slike), i očitavanjem najsvjetlijih i najtamnijih točki u odabranoj sceni. Razlika EV brojeva daje dinamički raspon scene. Izmjereni kontrast ovisi o smjeru u kojem je fotoaparat uperen, tj. odakle dolazi ambijentalno svjetlo. Kod DSLR fotoaparata je moguće provjeriti histograme fotografija. Ukoliko se na histogramu podeksponirane fotografije pokaže da su osvijetljeni dijelovi izvan histograma potrebno je snimiti još fotografija sa EV vrijednosti od -3 te nastaviti snimanje podeksponiranih slika sve dok osvijetljeni dijelovi na histogramu ne ulaze u graf. Kod određivanja EV razmaka je potrebno paziti da nisu preveliki jer se gube informacije sa scene i da nisu premaleni jer se vrijeme procesiranja HDR fotografije znatno povećava. Razmak veći od 2 EV je previše, dok je ispod 1 EV premalo. [3]

4.5 SNIMANJE SCENE SA DVIJE EKSPOZICIJE

Izradom HDR fotografije od dvije različito eksponirane scene moguće je minimalistički utjecat na završni izgled fotografije. U slučajevima kada je scene niskog ili srednjeg kontrasta snimanjem dodatne fotografije se mogu naglasiti određeni detalji. Na tablici 6 su prikazani primjeri kada je dovoljno snimiti jednu dodatnu fotografiju:

Tablica 6: Primjeri scena za snimanje HDR fotografije sa dvije ekspozicije

EV VRIJEDNOSTI FOTOGRAFIJA		PRIMJERI REZULTATA
0 EV	+2 EV	Više detalja u sjenama
0 EV	- 2EV	Više detalja u svijetlim mjestima
+1 EV	-1 EV	Veća dinamička vrijednost od jedne fotografije
+2 EV	-2 EV	

5 PROGRAMI ZA IZRADU HDR FOTOGRAFIJE

Postoje dvije osnovne skupine programa koji se koriste za izradu HDR fotografije. Prva skupina su programi koji se koriste isključivo za HDR dok je drugima izrada HDR-a uključena u paket za obradu i manipulacije slike i fotografija.

Tablica 7 prikazuje najčešće korištene program, te njihove mogućnosti i operativne sustave na kojima funkcioniraju:

Tablica 7: Popis programa sa mogućnostima i radnim operativnim sustavima

Program	Čitanje i spremanje HDR datoteka	Podešavanje pozicije slika	Uklanjanje ghost efekata	Broj operatera mapiranja tonova	Mogućnost pohrane operatera mapiranja	Rotacija slike	Podešavanje bijelog balansa	Brzina procesiranja
Photomatix PRO	Da, .hdr i .exr	Automatsko i ručno	Normalno i visoko	2	Da	Da	Da	Brza
FDRTools Advanced	Da, .hdr i .exr	Automatsko	Da preko alata za separaciju	3	Ne	Ne	Da	Spora
Dynamic Photo HDR	Samo .hdr	Automatsko i ručno	Da	6	Da	Ne	Da	Brza
Artizen HDR	Da, .hdr i .exr	Automatsko i ručno	Da	11	Da	Ne	Da	Jako brza
Adobe Photoshop CS3-CS5	Da, .hdr i .exr	Automatsko	Ne	4	Da	Da	Da	Srednja

Svi navedeni programi mogu konvertirati RAW datoteke u HDR slike, i svi koriste pretvarače bazirane na *dcrawu*. Dcraw je pretvarač baziran na ANSI C programu koji dekodira RAW slike digitalne kamere na svim operativnim sistemima.

5.1 OPISI PROGRAMA

5.1.1 PHOTOMATIX PRO

Photomatix PRO je program koji je napravila tvrtka HDR Soft i jedan je od najčešće korištenih programa zbog dosljednosti konačnih rezultata. Radni sljed dobivanja HDR-a je vrlo jednostavan i program sadrži sve potrebne opcije za dobivanje željenih rezultata za izradu HDR fotografije sa jednom ili više slika. Dobivene HDR fotografije su uglavnom živih boja s kvalitetnim srednjim tonovima.

Operateri koji se koriste za mapiranje tonova su *Details Enhancer* koji se koristi za naglašavanje detalja za fotografije nadrealističnog izgleda i *Tone Compressor* koji služi za dobivanje realističnog izgleda fotografije. [7]

5.1.2 FDRTOOLS

Program FDRTools je izradila tvrtka od Andreas Schömann i ima dobru kontrolu nad cijelim 32-bitnim dinamičkim rasponom. Izrađuje konsistentno kvalitetne fotografije i s korištenjem samo predodređenih postavka programa.

Operateri programa za lokalno naglašavanje kontrasta su bolji od ostalih programa i funkcije za renderiranje sitnih detalja su odlični kod izrade fotografije za velike ispise.

FDRTools je jedini program koji nudi kontrolu piksela kod spajanja slika u HDR kroz 3 metode:

- *Average* je standardna metoda koje se najčešće koristi jer su procesi spajanja i mapiranja tonova interaktivni, te se odmah nakon mijenjanja postavki mogu vidjeti rezultati.
- *Separation* metoda dozvoljava ručnu kontrolu uklanjanja ghost efekata.
- *Creative* metoda služi za izmjenu osvjetljenja scene za dobivanje naglašeno, nadrealističnog izgleda fotografije.

HDR fotografije dobivene u FDRTools programu često imaju mračniju atmosferu, iako postoji mogućnost manipulacije fotografije u konačnom procesu izrade.

Program ima sporije vrijeme procesiranja. Korisničko sučelje je jednostavno napravljeno što ga čini dobrim programom za početnike, ali i profesionalne fotografe. [7]

5.1.3 DYNAMIC PHOTO HDR

Program od MediaChancea je napravljen isključivo za Windows platformu, iako se preko određenih programa može pokrenuti i na Appelovoj. Sučelje programa je jednostavno za savladati.

Koristi šest operatera za mapiranje tonova koji nude razne mogućnosti podešavanje fotografije. Tokom procesa mapiranja tonova je moguće podešavati boje, kontrasti, konvertirati fotografiju u crno-bijelu te primijeniti različite filtre.

Za fotografiranje iz ruke program nudi opciju ručnog pozicioniranja slika koje doduše može biti mučno i nekad neuspješno. Kod spajanja određenih fotografija algoritam programa zna stvarati artefakte i naglašene kromatske aberacije koje se trebaju ukloniti nakon dobivanja gotove HDR fotografije. [7]

5.1.4 ARTIZEN HDR

Artizen HDR je napravila tvrtka Supportin Computers. Spajanje i pozicioniranje slika je jednostavno, a vrijeme procesiranja vrlo brzo. Postoje puno opcija kod biranja operatera za mapiranje tonova, a samo mapiranje komplicirano i dugotrajno, zbog čega se često koriste predodređene postavke i operater *Lock06* koji najčešće daje najbolje rezultate.

Program dobro procesira tamne dijelove slike dok kod svijetlih dolazi do problema naročito kod neba. Nebo uglavnom dobiva plosnati izgled i sumornu sivu boju što

se pogoršava kod više kontrastnih scena. Također Artizen HDR gubi detalje zbog šuma što ne smeta kod otisaka manjih formata, ali nije dovoljno kvalitetan program za koristiti kod većih formata. [7]

5.1.5 ADOBE PHOTOSHOP CS3-CS5

Photoshop je kvalitetan program za raditi sa scenama manjeg ili srednjeg kontrasta, dok je kod scena visokog kontrasta potrebno puno rada sa *Curves* alatom. Procesiranjem fotografija koje su u okviru mogućnosti za rad u Photoshopu se dobivaju dobri rezultati s kvalitetnim prikazom detalja i boje, iako se znaju stvarati artefakti kada se spaja premalo fotografija ili koriste fotografije sa ghost efektima.

Iako je moguće dobiti kvalitetne rezultate, Photoshop ne nudi veliku mogućnost dobivanja nadrealističnih rezultata kod gotovih HDR fotografija.[7]

5.2 PREGLED PROGRAMA

HDR fotografije su spojene i tonovi mapirani u svim navedenim programima. Korištene su predodređene postavke. Scena je snimana sa Canon EOS 1000D fotoaparatom, 50mm objektivom u -1, 0 i +1 EV razmacima, na stalku sa daljinskim okidačem. (slike 11-15)



Slika 11: Photomatix Pro



Slika 12: FDRTools



Slika 13: Dynamic Photo HDR



Slika 14: Artizen HDR



Slika 15: Adobe Photoshop CS5

6 SPAJANJE DATOTEKA I MAPIRANJE TONOVA

6.1 KONVERTIRANJE DATOTEKA

Pohranjene RAW fotografije koje se spajaju u HDR je moguće odmah iskoristiti u programu za konverziju u 32-bitnu HDR fotografiju. Druga opcija je konvertirati svaku RAW fotografiju u 16-bitni TIFF format pomoću različitih programa (Adobe Camera RAW, Adobe Lightroom, Apple Aperture, Capture One i sl.). Konverzijom datoteka se dobiva mogućnost podešavanja svake fotografije posebno prije spajanja u HDR (ukloniti šum, podesiti boje, kontrast i sl.), spajanje fotografije prije podešavanja naglašava probleme i nepravilnosti u HDR formatu.

Kod podešavanja fotografije postoje postavke koje se ne smiju mijenjati, dok je dozvoljene promjene u većini slučajeva potrebno primijeniti na svim fotografijama. Tablica 7 prikazuje dozvoljene i nedozvoljene izmjene fotografija prije spajanja u HDR:

Tablica 7: Dozvoljene i nedozvoljene izmjene fotografije prije spajanja u HDR

Dozvoljene promjene	Nedozvoljene promjene
Bijeli balans	Tonske vrijednosti
Kromatske aberacije	Svjetlina
Šum boje	Ekspozicija
Konzervija u crno-bijelo	Saturacija boja
Obrezivanje fotografije	Kontrast
Izmjena veličine	Sjene
	Krivulje (boja, kontrast i sl.)
	Oštrina

6.2 RADNI TOK MAPIRANJA TONOVA U PHOTOMATIX PRO PROGRAMU

Photomatix Pro je program koji se najčešće koristi u HDR fotografiji zbog jednostavnosti sučelja i operatera mapiranja tonova koji omogućavaju korisniku da napravi fotografije realističnog ili nadrealističnog izgleda.

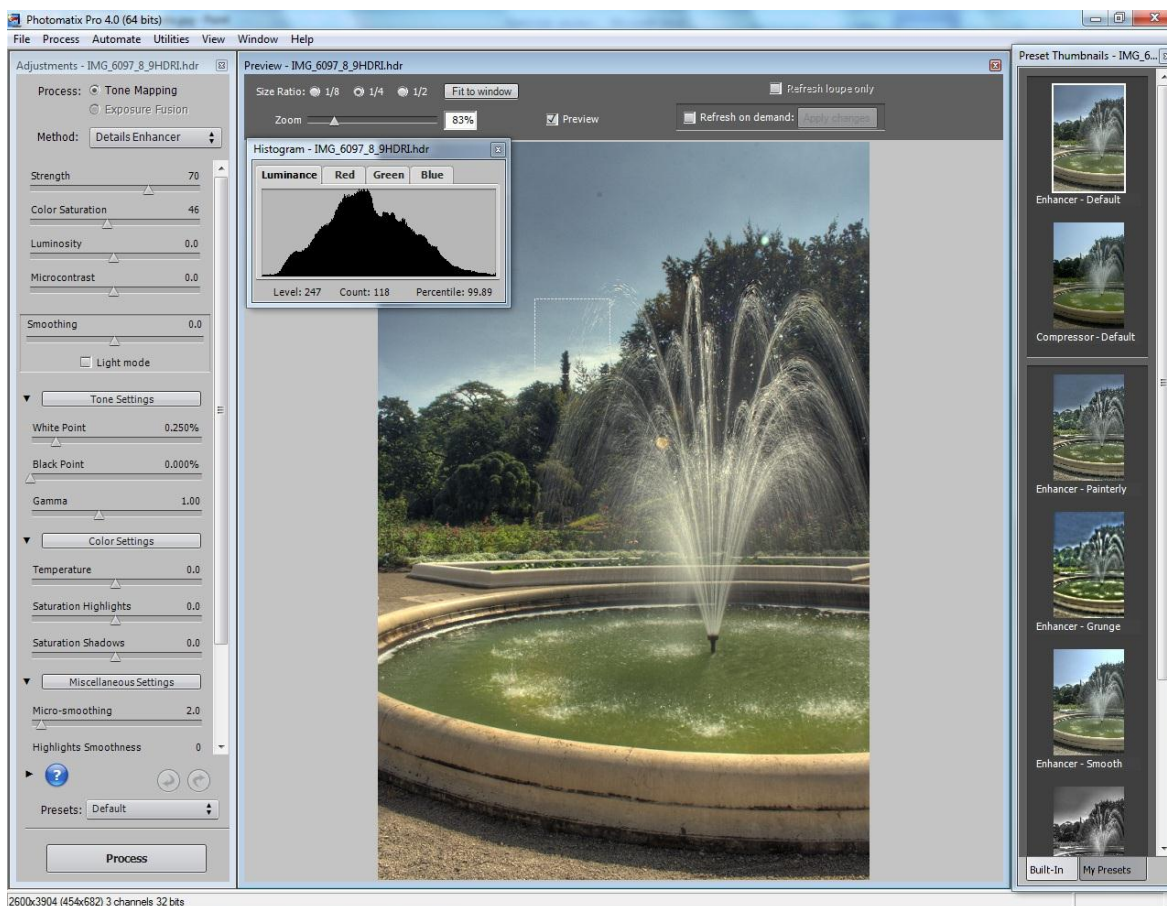
Prvi korak je odabira broja slika za spajanje sa *batch processing* opcijom koja stvara .hdr datoteku. Program automatski pozicionira sve fotografije kako bi se elementi na sceni točno preklopili i uklonili ghost efekte. Dobivena datoteka .hdr formata se može otvoriti u Photoshopu, ali će izgledati nekvalitetno jer još nije primijenjeno mapiranje tonova.



Slika 16: Primjer fotografije .hdr formata bez mapiranih tonova

Nakon izrade .hdr formata (slika 16) dolazi proces mapiranja tonova otvaranjem datoteke u Photomatixu. Predodređeni operater u Photomatixu je *Details*

Enhancer, koji rezultira sa više nadrealističnim izgledom fotografije. Fotografija je odmah prikazana kako izgleda sa trenutnim postavkama. (slika 17)



Slika 17: Prikaz fotografije mapirane sa predodređenim postavkama Details Enhancer operatera

Podešavanjem postavki je potrebno nadgledati histogram kako bi tonovi uvijek bili pretežno u sredini grafa. Postoje određeni koraci kojih se treba pridržavati tokom mapiranja tonova, iako to nije uvijek najbolje za određene fotografije.

1. Podešavanje game – klizačem za podešavanje game je potrebno okvirno namjestiti svjetlinu scene kako bi srednji tonovi na histogramu bili u sredini.

2. Jačina i izgladivanje svijetla (*strenght and light smoothing*) – ove dvije opcije se koriste zajedno jer su osnovni alati za kontrolu lokalnih tonalnih varijacija. Pokretanjem *strenght* klizača na vrijednosti između 25 i 50 i *smoothing* postavke na visoko se dobiva realistični izgled fotografije, a kod veće postavke *strenght* opcije i *smoothing* na nižim se dobiva nadrealistični.
3. Bijela i crna točka (*White and Black Point*) – namještanjem postavki ovih opcija se dodaje globalni kontrast podešavanjem određenih dijelova u potpuno crnu ili bijelu boju. Namještanjem klizača na najjače (5%) fotografija gubi realni izgled.
4. Mikro kontrast i mikro izgladivanje (*Microcontrast and Micro-Smoothing*) – postavke za mikro kontrast i izgladivanje se koriste za lokalne izmjene kontrasta fotografije. Za fotografije s mekšim prijelazima lokalnih kontrasta je potrebno smanjiti postavke mikro kontrasta na niže, a mikro izgladivanje povećati. Postavljanje obje opcije istovremeno na najviše ili najniže nije preporučeno jer jedna drugu poništavaju.



a) Realistični izgled

b) Nadrealistični izgled

Slika 18: Usporedba dvije HDR fotografije sa različitim postavkama

Tablica 8 prikazuje korištene postavke za fotografije.

Tablica 8: Postavke programa za dobivene fotografije a) realističnog i b) nadrealističnog izgleda

Postavke	a)	b)
Strenght	25	80
Microcontrast	0	-4
White Point	1,5	1,6
Black Point	0	1,6
Gamma	1	1,00
Micro-Smoothing	2	6

Ovisno o željenom izgledu krajnje HDR fotografije (slika 18), potrebno je namjestiti postavke u odabranom programu te je važno imati na umu da nije moguće dobiti iste rezultate u svakom programu.

6.3 GREŠKE KOD SPAJANJA FOTOGRAFIJA U HDR

Spajanje s previše slika u HDR fotografiju se povećava rizik dobivanja HDR-a manje kvalitete zbog slučajnog pokreta fotoaparata i *ghosting* efekta. Nije uvijek moguće odrediti koliko je potrebno fotografija snimiti i često se ne koriste sve za izradu HDR, a odbacivanje viška slike ne znači da će završni rezultat biti nekvalitetan.

6.3.1 GHOSTING

Pokreti na fotografiranoj sceni su jedni od najvećih problema kod izrade HDR-a. S obzirom da je potrebno više puta snimiti scenu objekti koji se kreću za vrijeme snimanja će biti uhvaćeni na drukčijim pozicijama. Prilikom izrade završne fotografije širokog dinamičkog raspona ti objekti su prikazani na više mjesta i biti će blijedi i gotovo prozirni. Taj efekt se naziva *ghosting*.

Određeni programi za izradu HDR-a, poput Photomatix Pro ili FDRTools imaju mogućnost gotovo potpuno ukloniti *ghost* efekte. Photomatix Pro ima automatsku funkciju *ghost* efekta izborom normalne ili visoke detekcije pomaka dok ostali programi funkcioniraju drugačije, uglavnom ručnim izborom grupe piksela na pojedinoj slici koji će se iskoristiti u završnoj fotografiji.

Iako većina programa ima opciju uklanjanja ghost efekata u određenim slučajevima, to nije moguće izvesti, ali postoje načini kojima je moguće umanjiti probleme za vrijeme snimanja scene i tokom procesuiranja fotografija prije izrade HDR-a.

Smanjenje ghost efekata kod snimanja je moguće:

- korištenje kontinuiranog načina snimanja sa kraćim vremenom eksponiranja,
- snimanje manjeg broja fotografija za spajanje u HDR,
- koristiti AEB opciju snimanja redoslijedom *meter-under-over* kako bi se ekspozicije od -2 i +2 EV-a snimile jedna za drugom te iskoristiti samo te dvije fotografije pri spajanju u HDR.

Smanjenje ghost efekata kod procesiranja fotografija je moguće:

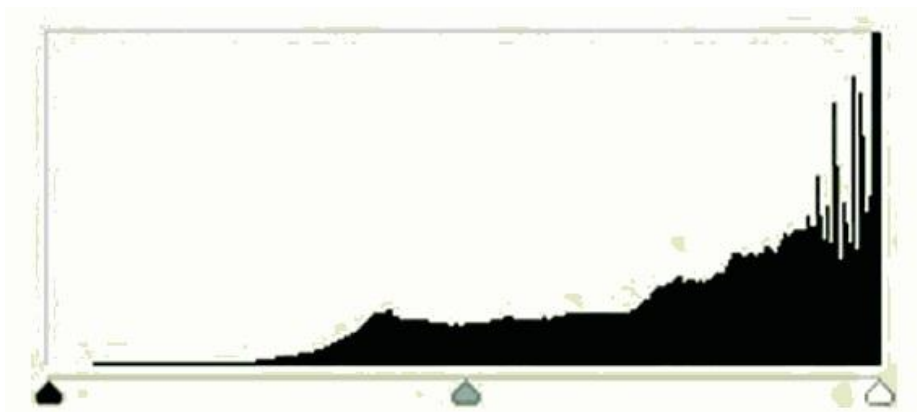
- u Photoshopu alatom za duplikaciju piksel ukloniti pomaknute efekte,
- preko *layera* i masku stopiti dijelove scene fotografije u kojoj je pomak najviše vidljiv sa fotografijom od srednje EV vrijednosti.

Ukoliko nije moguće ukloniti ghost efekte, moguće je procesirati samo jednu fotografiju u programu poput Photoshopa za izradu HDR-a kontroliranjem svjetline scene izraditi umjetno previše i premalo eksponiranu fotografiju.

6.3.2 ŠUM

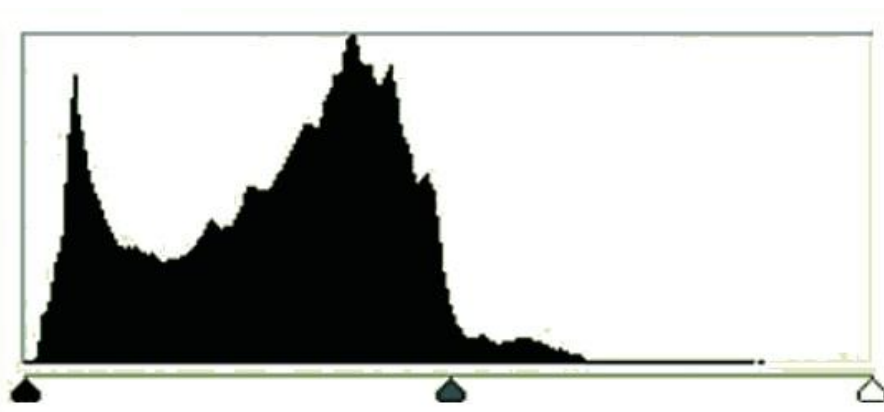
Kod preeksoniranih fotografija se zna pojaviti šum koji se u procesu stvaranja HDR fotografije naglašava. Kako bi se izbjegao takav šum, potrebno je analizirati histograme i odabrati one slike koje neće smanjiti kvalitetu završne HDR fotografije.

Brijeg histograma idealne preeksonirane fotografije započinje malo dalje od lijeve strane grafa i postepeno se penje prema desnoj strani. Ukoliko linije histograma ne dodiruju lijevu stranu, znači da tamniji tonovi u toj ekspoziciji ne sadrže šum i nisu potpuno crni (slika 19).



Slika 19: Pravilno oblikovani histogram preeksonirane fotografije

Kod podeksponirane fotografije je cilj dobiti detalje na osvijetljenim dijelovima fotografije što znači desna strana brijega histograma ne dodiruje desnu stranu grafa (slika 20).



Slika 20: Pravilno oblikovani histogram podeksponirane fotografije

7 SNIMANJE I MAPIRANJE TONOVA JEDNE FOTOGRAFIJE ZA IZRADU HDR-A

Izrada HDR-a od samo jedne fotografije se još naziva „lažni HDR“ ili pseudo HDR. Mapiranje tonova jedne fotografije moguće je s TIFF, RAW i JPEG datotekama jedino ako je snimana scena u širokom dinamičkom rasponu.

Prednosti rada sa jednom ekspozicijom su smanjeno vrijeme procesiranja u programu, korištenje manje memorije računala, pojednostavljeni radni tok mapiranja tonova i rad sa fotografijama bez ghost efekata.

Najveći izazov se javlja kod samog snimanja scene. Prvi korak je izbor scene manjeg kontrasta. Kod scena srednjeg kontrasta se povećava vjerojatnost grešaka kod mapiranja tonova, jer će digitalni šum biti naglašen, dok se kod scena visokih kontrasta uvijek preporuča fotografiranje više ekspozicija za izradu HDR fotografije.

Smanjenje šuma kod snimanja se može postići:

- pohranom u RAW formatu,
- pravilnom ekspozicijom i malo više osvijetljena kako bi se uhvatilo što više detalja u sjenama,
- korištenje opcije fotoaparata za smanjenje šuma,
- procesiranje RAW datoteke u programu poput Photoshopa za smanjenje šuma boje (*noise reduction, luminance, color noise reduction*).

Rad sa jednom fotografijom omogućuje izmjene prije mapiranja tonova koje se ne preporučaju kod rada sa više ekspozicija, poput prilagođavanja ekspozicije kako bi se popravili previše svijetljeni dijelovi scene.

8 PRAKTIČNI DIO

8.1 KORIŠTENA OPREMA

Za izradu autorskih fotografija u tablici 9 je navedena korištena oprema za snimanje i programi za procesiranje fotografija.

Tablica 9: Korištena oprema za snimanje fotografija

Fotoaparati	Canon EOS 1000D
Objektivi	Canon EF-S 18-55, Canon EF 50mm f/1.8 II, Sigma 10-20mm F4-5.6 EX DC HSM, Tamron SP 70-300mm f/4-5.6 Di VC USD
Stativ	Vanguard Alta Pro 264AT, Vanguard SBH-30
Programi	Photomatix Pro 4.0, Artizen HDR, Dynamic-Photo HDR

9 AUTORSKE FOTOGRAFIJE

9.1 HDR FOTOGRAFIJE



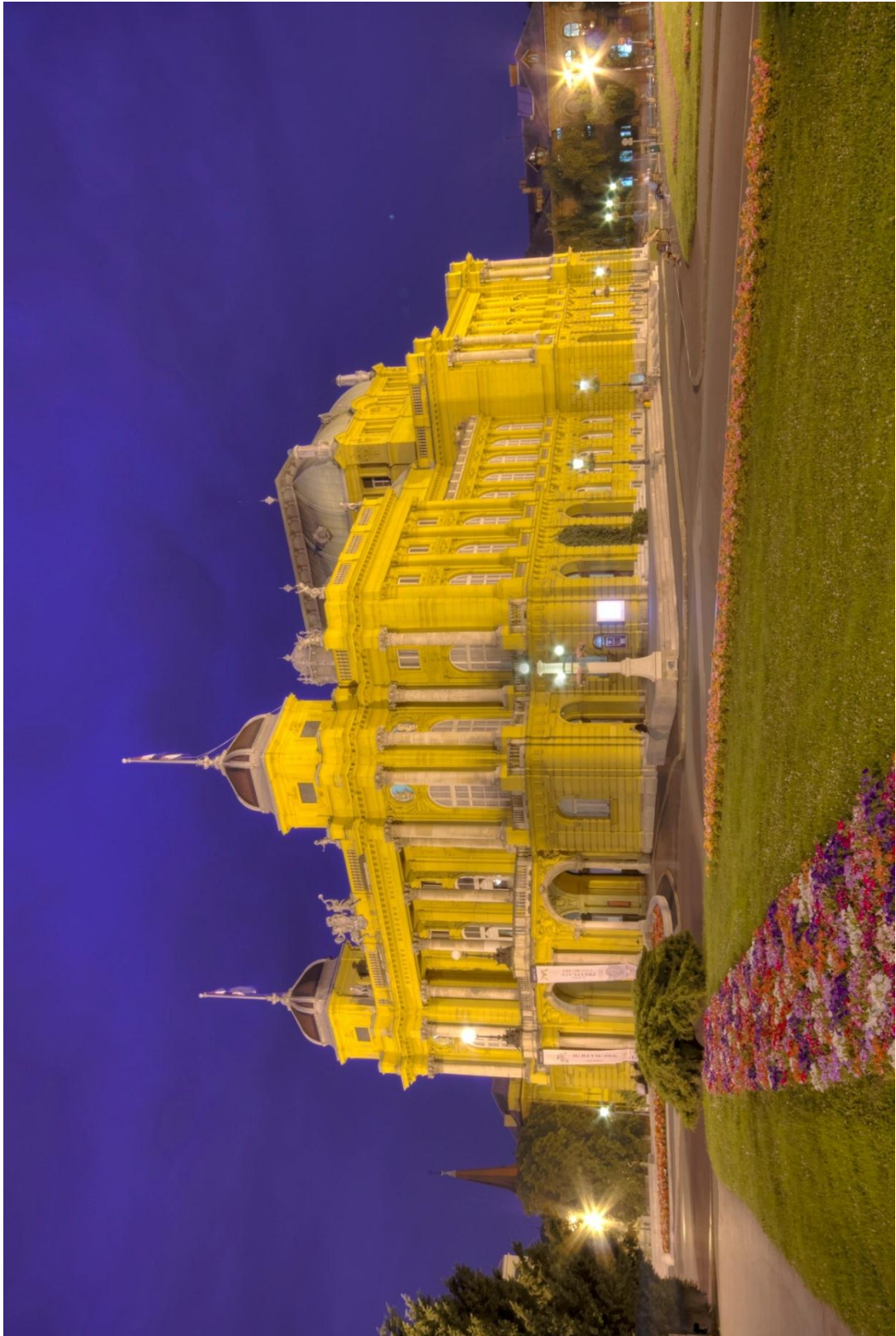
Slika 21: Dynamic-Photo HDR: -2EV, -1EV, 0EV, 1EV, 2EV



Slika 22: Photomatix Pro 4.0: -2EV, 0EV, 2EV



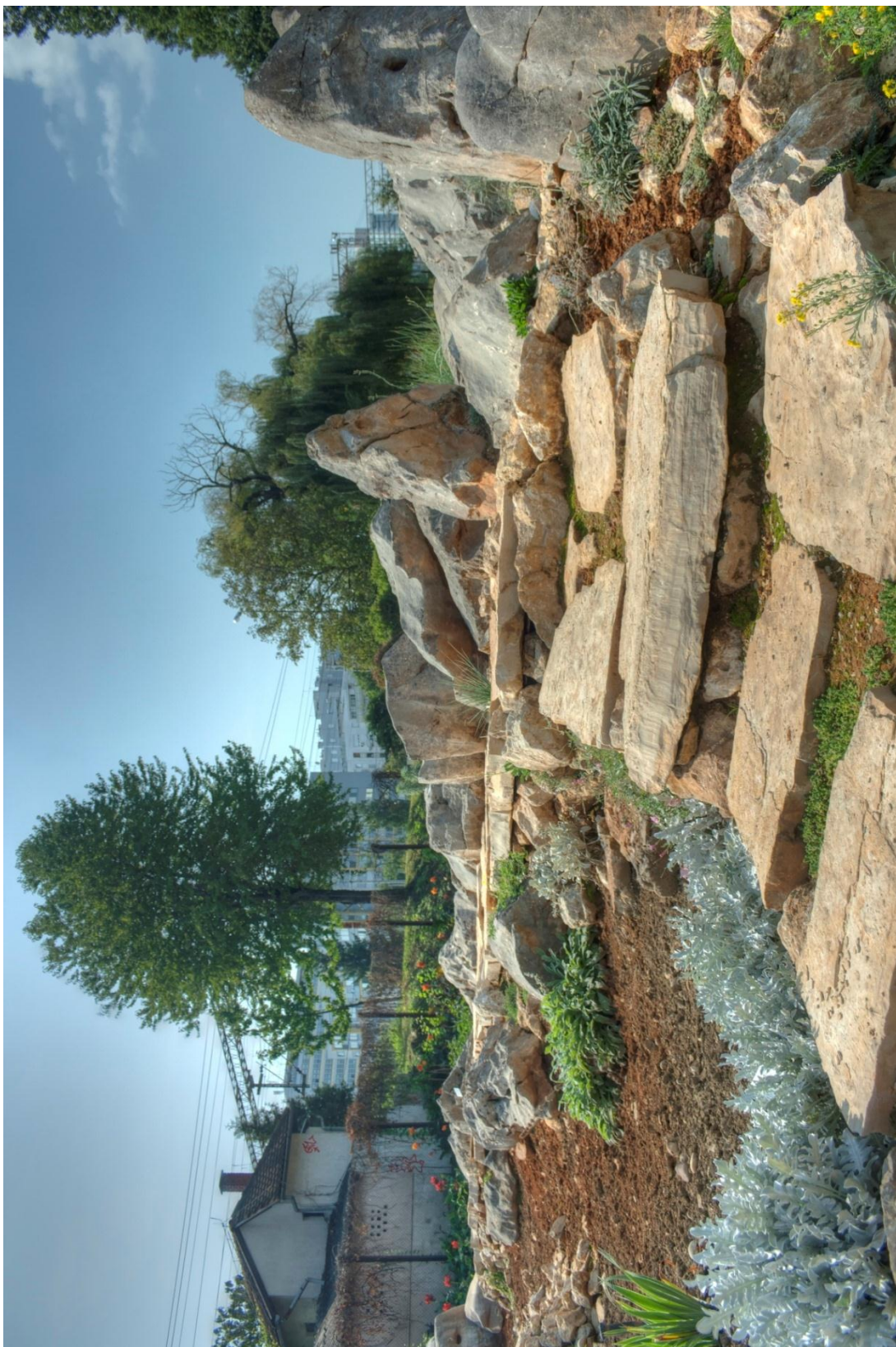
Slika 23: Dynamic-Photo HDR: -3EV, -2EV, -1EV, 0EV, 1EV, 2EV, 3EV



Slika 24: Photomatix Pro 4.0: -4EV, -3EV, -2EV, -1EV, 0EV, 1EV, 2EV, 3EV



Slika 25: Photomatix Pro 4.0: -2EV, 0EV, 2EV



Slika 26: Artizen HDR: -2EV, -1EV, 0EV, 1EV, 2EV



Slika 27: Dynamic-Photo HDR: -2EV, -1EV, 0EV, 1EV, 2EV



Slika 28: Dynamic-Photo HDR: -2EV, -1EV, 0EV, 1EV, 2EV



Slika 29: Dynamic-Photo HDR: -2EV, -1EV, 0EV, 1EV



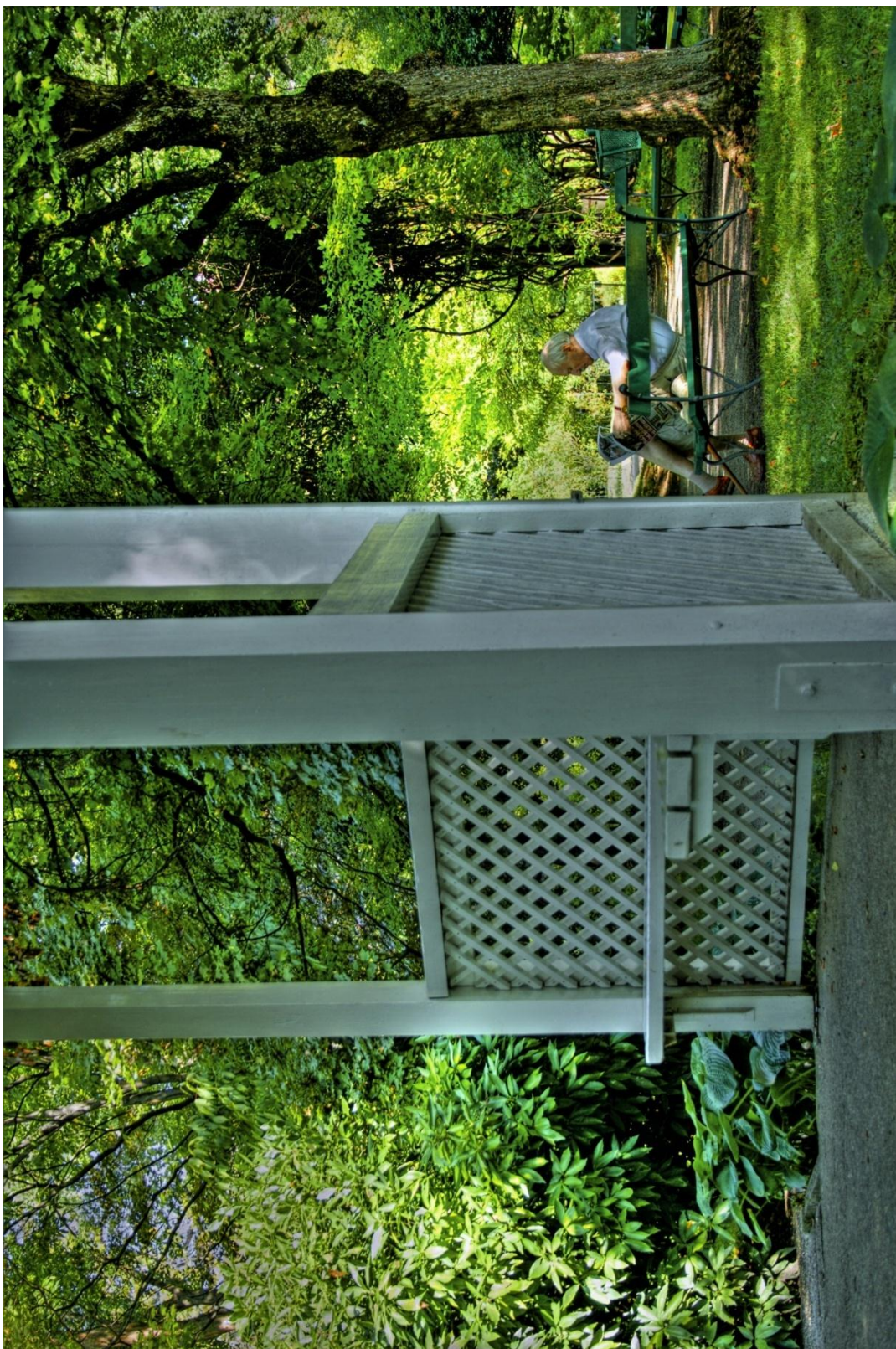
Slika 30: Dynamic-Photo HDR: -2EV, -1EV, 0EV, 1EV, 2EV



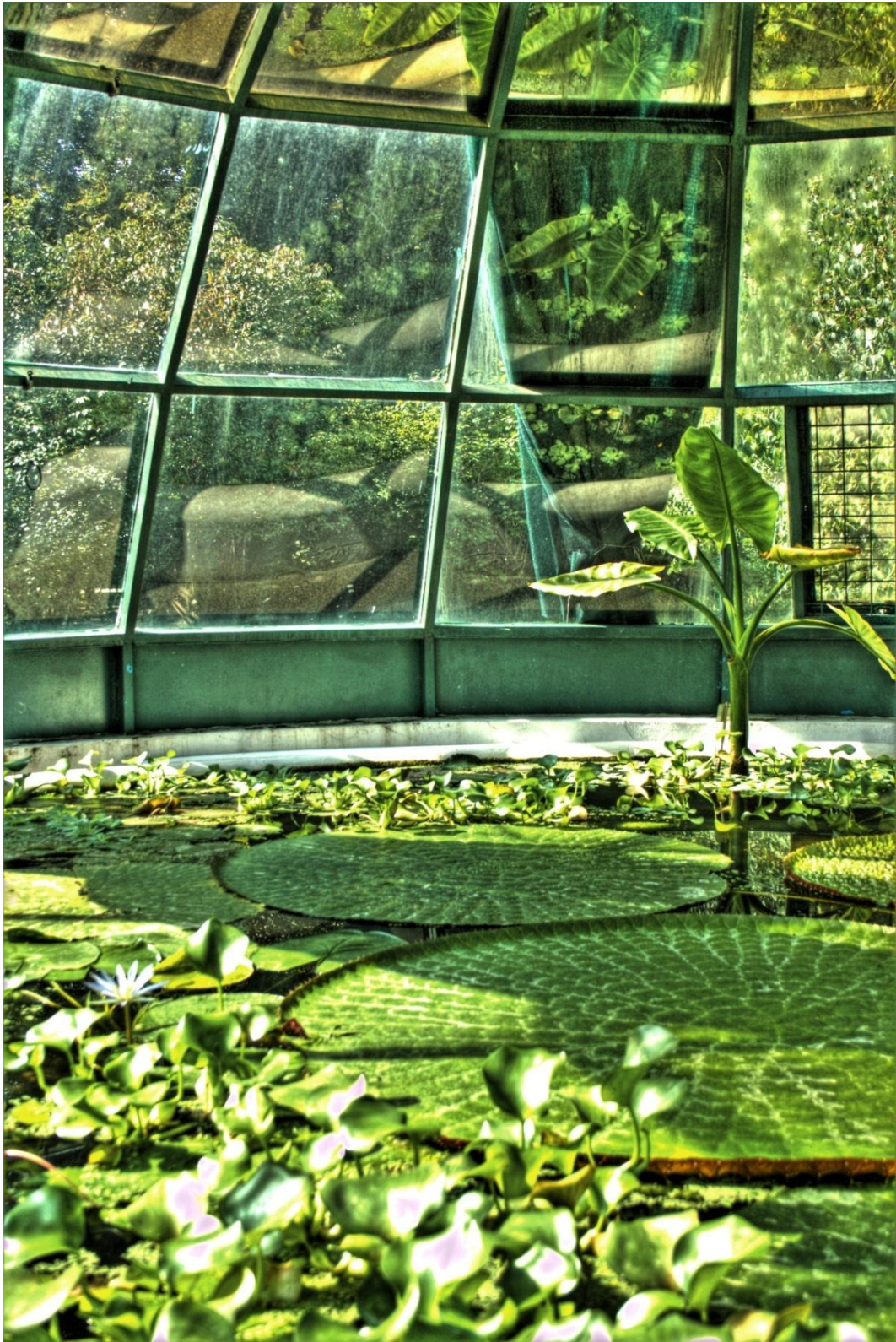
Slika 31: Dynamic-Photo HDR: -2EV, -1EV, 0EV, 1EV, 2EV



Slika 32: Artizen HDR: -2EV, 0EV



Slika 33: Artizen HDR: -1EV, 0EV, 1EV



Slika 34: Artizen HDR: -2EV, 0EV, 2EV

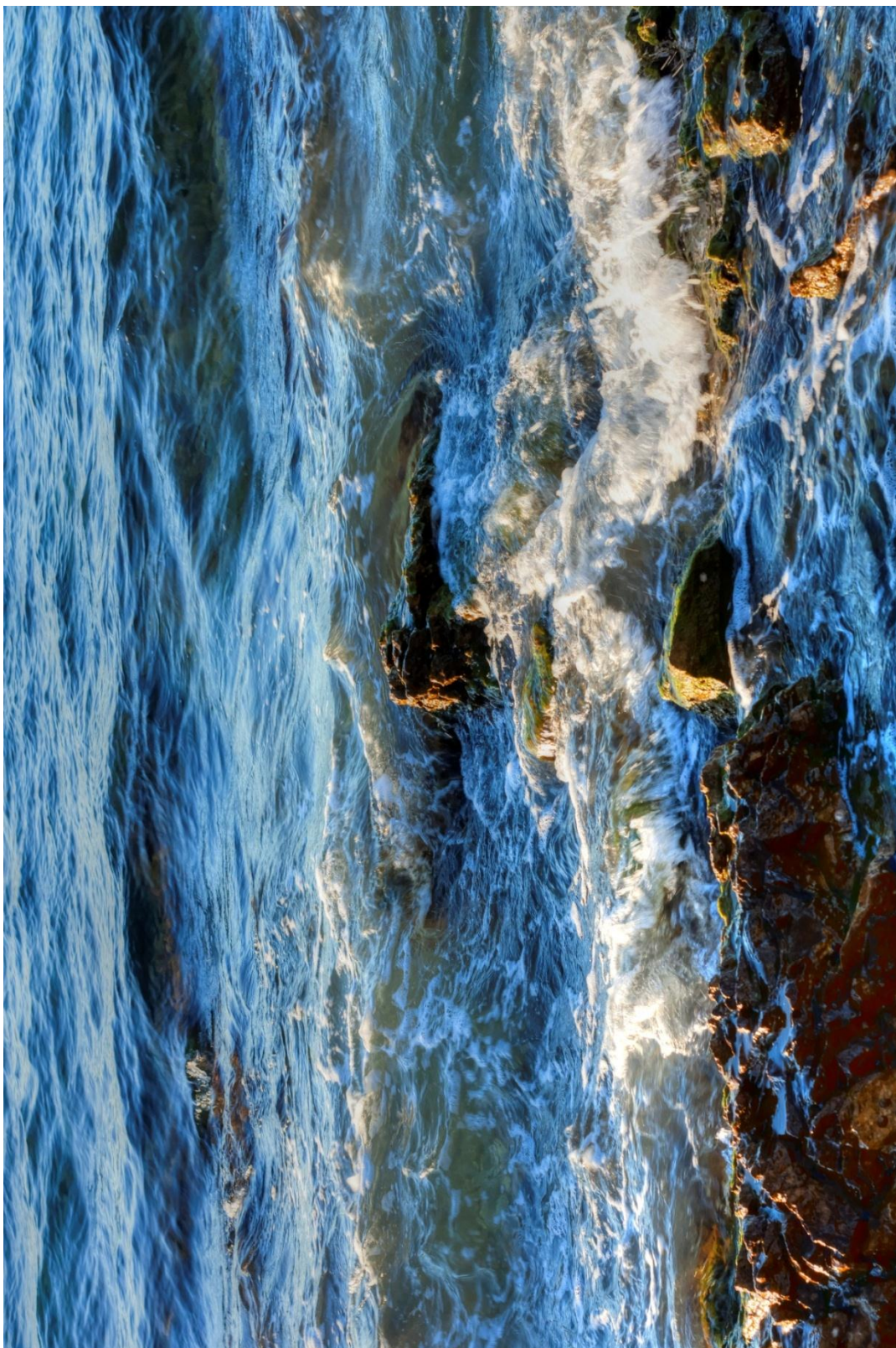


Slika 35: Artizen HDR: -2EV, 0EV, 2EV

9.2 PSEUDO HDR



Slika 35: Photomatix Pro 4.0



Slika 36: Photomatix Pro 4.0



Slika 37: Dynamic-Photo HDR



Slika 38: Dynamic-Photo HDR



Slika 39: Dynamic-Photo HDR

10 ZAKLJUČAK

Fotografija se kao umjetnička vještina uvijek razvijala što vjernije prikazati scenu koju fotograf snima, tj. doživljava. Smjer prema fotografiji širokog dinamičkog raspona se već počeo javljati sredinom devetnaestog stoljeća, a dolaskom digitalnog doba je doživio ubrzani napredak razvojem senzora digitalnih fotoaparata, računalnih programa i dostupnosti znanja potrebnim za samo fotografiranje, kao i korištenje fotografske opreme.

Današnji su mediji za prikaz fotografije, poput tiskana, ispisa ili ekrana, ograničeni rasponom boja koje su u stanju prikazati. HDR fotografija nije pravi prikaz punog dinamičkog raspona snimane scene, već se programima mapiraju tonovi različito osvijetljene snimke scena u ono što se naziva fotografija širokog dinamičkog raspona. Razvoj tehnologije senzora fotoaparata je usko povezan sa razvojem izlaznih medija o kojima je prikaz fotografije ovisan i teži tome da se granica snimljenog i prikazanog u potpunosti ukloni.

Iako se danas često govori o HDR fotografiji, tj. fotografiji širokog dinamičkog raspona, nju do sada nitko, u potpunosti, nije mogao doživjeti. Razlog tome je što izlazne fotografske jedinice – bilo da se radi o monitorima, LCD projektorima ili različitim tehnikama ispisa, nisu, niti približno, u mogućnosti reproducirati puni dinamički raspon realnih fotografskih scena.

Uz navedeno, bitno je uzeti u obzir da je dinamički raspon realne fotografske scene, u pravilu, bitno širi od dinamičkog raspona koje ljudski vid može percipirati. Rezultat toga je da, iznad određene granice (percepcije), povećanje dinamičkog raspona fotografije rezultira nadrealnim doživljajem slike. Ovo se s jedne strane može shvatiti kao ograničenje, ali stvara i umjetničke slobode fotografskog izražavanja. Uz to, upravo ta činjenica omogućuje da se i iz jednog digitalnog zapisa fotografije relativno malog dinamičkog raspona može simulirati fotografija širokog dinamičkog raspona. Ovo znači da se kao fotografija širokog dinamičkog raspona može percipirati i fotografija nastala iz JPEG zapisa (EV teoretski 2^8) kao i iz jednog RAW zapisa (EV teoretski 2^{14}) podjednako kao i stvarna, prava, HDR

fotografija (teoretski EV odgovara punom dinamičkom rasponu scene). Za ovakav doživljaj je zaslužno mapiranje tonova iz šireg u uži dinamički raspon, što omogućava da se polazno ista HDR fotografija u konačnici može realizirati na beskonačan broj načina.

Time, HDR kao tehnika fotografiranja, bez obzira da li se radi o „pravom“ ili „pseudo“ HDR-u, izlazi iz područja tehničkog u područje kreativnog te različite tehnike stvaranja HDR-a stvaraju nove mogućnosti fotografskog izražaja. Naravno, upravo mogućnost snimanja i fotografskog stvaranja slike širokog dinamičkog raspona, pri tome, stvara nove tehničke izazove, u ovom trenutku primarno, pred tehnike realizacije digitalnog zapisa fotografije.

11 LITERATURA

1. Ferrel McCollough, Complete guide to High Dynamic Range photography, Lark Books, a division of Sterling Publishing Co., New York, 2008.
2. HDR Photography Secrets for digital photographers, Rick Sammon, Wiley Publishing Inc., Indianapolis, 2010.
3. High Dynamic Range Imaging, Erik Reinhard, Greg Ward, Sumanta Pattanaik, Paul Debevec, Morgan Kaufman Publishers, San Francisco, 2005.
4. Complete Digital Photography Fourth Edition, Ben Long, Charles River Media, Boston, 2007.
5. HDR Photography Photo Workshop, Peter Carr, Robert Correll, Wiley Publishing Inc., Indianapolis, 2009.
6. The Digital Photographer's Software Guide, John Lewell, Course Tehnology, Boston, 2009.
7. The Digital Photography Book Volume 3, Scott Kelby, Peachpit Press, New York, 2010.
8. Miroslav Mikota, HDR fotografija – novi izazovi u realizaciji i reprodukciji fotografske slike, Blaž Baromić 2011 15. međunarodna konferencija tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija Blaž Baromić Zbornik radova (v. pred. dr. sc. Miroslav Mikota, ur.), Hrvatsko društvo grafičara, Hrvatska, 2011. , (88-98)
9. High dynamic range imaging, Dostupno na:
http://en.wikipedia.org/wiki/High_dynamic_range_imaging,
Pristupljeno: 17.09.2011.